

# LANDSAT・SPOT・ADEOS衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムの開発とその「ナホトカ号」重油流出事故画像解析への応用

加藤 芳信\*・中原 茂幸\*\*

## A Program for Reading LANDSAT, SPOT and ADEOS Satellite CD-ROM Data and Its Applications to the Image Processing on NAKHODKA Oil Outflow Accident

Yoshinobu Kato and Shigeyuki Nakahara

A C++ program for reading LANDSAT, SPOT and ADEOS satellite CD-ROM data with CEOS-BSQ format is developed. By using the program and Photoshop, the image processing on NAKHODKA oil outflow accident occurred in January 1997 is performed. The processed images of LANDSAT-TM, SPOT-HRV and ADEOS-AVNIR show the oil slick in the Sea of Japan. An evaluation of oil visibility is given as a table.

### 1. まえがき

LANDSAT, SPOT, ADEOSの各衛星CD-ROMデータ画像解析の前処理として開発した「衛星CD-ROMデータ読み込みプログラム」について説明し、更にその応用として、1997年1月に発生したロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故（福井県三国町付近を中心）の画像解析へ適用する[1-8]。

### 2. 地球観測衛星とリモートセンシング（遠隔探査）[9,10]

地球観測衛星は大気圏外から観測した電磁波（光，熱線，電波等）のエネルギーを画像に置換することにより，地表面の情報を取得している。地上から発する電磁波には，太陽光の反射と物質からの放射がある。観測波長約 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ の可視と，約 $0.7\sim 1.3\mu\text{m}$ の近赤外と，約 $1.3\sim 3\mu\text{m}$ の短波長赤外（中間赤外に含める場合もある）では，地表面の反射率がリモートセンシングデータの中に情報として含まれる。約 $3\sim 8\mu\text{m}$ の中間赤外と，約 $8\sim 14\mu\text{m}$ の熱赤外では，地表面物体の温度と放射率がリモートセンシングデータに影響を与える。波長約 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$ のマイクロ波領域では，地表面のマイクロ波散乱特性が影響を与える。このような波長に対する反射・放射特性を利用して，地表面の各種画像解析が出来る。

#### 2.1 LANDSAT 5号 [11,13]

米国の地球観測衛星LANDSAT（ランドサット）は最もポピュラーな地球観測衛星である。LANDSAT 5号は高度約700kmの太陽同期準回帰軌道で，地球を約99分で1周し，1日に $14+(9/16)$ 回地球を周回する（回帰日数16日）。LANDSAT 5号は直下観測だけができ，観測機器としてTM(Thematic Mapper)とMSS(Multi Spectral Scanner system)の2つのセンサを有する。本研究ではTMを用いる。

TMの観測波長帯は，バンド1が $0.45\sim 0.52\mu\text{m}$ （青緑），バンド2が $0.52\sim 0.60\mu\text{m}$ （緑），バンド3が $0.63\sim 0.69\mu\text{m}$ （赤），バンド4が $0.76\sim 0.90\mu\text{m}$ （近赤外），バンド5が $1.55\sim 1.75\mu\text{m}$ （短波長赤外），バンド7が $2.08\sim 2.35\mu\text{m}$ （短波長赤外），バンド6が $10.4\sim 12.5\mu\text{m}$ （熱赤外）である。歪補正前の分解能は地表面で，バンド1～5及び7が30m，バンド6が120mである。

\*電気工学科 \*\*元電気工学専攻大学院生（平成12年3月修了）

歪補正後の TM 画像フルシーンは、6920 ピクセル（ダミーピクセル，即ち左右斜めの黒の部分，も含む）\*5965 ライン，即ち，地表面で約横 185km\*縦 170km である。1 画素（ピクセル）の大きさは地表面で，バンド 1~5 及び 7 が 28.5m\*28.5m，バンド 6 が 114m\*114m である。明度（濃度または輝度）レベルは 8 ビット（256 階調：値は 0~255）である。

## 2. 2 SPOT 2 号 [12,14]

フランスの地球観測衛星 SPOT（スポット）は，1986 年 2 月に 1 号機，1990 年 1 月に 2 号機，1993 年 9 月に 3 号機，1998 年 3 月に 4 号機が打ち上げられた。現在は SPOT 2 号と 4 号が運用中である。SPOT 2 号は高度約 832km の太陽同期準回帰軌道で，地球を約 101 分で 1 周し，1 日に 14+(5/26)回地球を周回する（回帰日数 26 日）。観測機器は，HRV（High Resolution Visible Imaging System）と呼ばれる CCD センサを 2 台搭載している。SPOT は，LANDSAT のような直下観測に加えて，センサの向きを変えることにより斜め観測（±27° まで）もできる。このため，北緯または南緯 26.7° 以上（沖縄県を除く日本が含まれる）では，希望すれば最小 1 日後，最大 4 日後に同じ地域を観測できる。

HRV の観測波長帯は，パングロマチック（P）モードの場合 0.51~0.73 $\mu\text{m}$ （可視）であり，マルチスペクトル（XS）モードの場合，バンド 1 が 0.50~0.59 $\mu\text{m}$ （緑），バンド 2 が 0.61~0.68 $\mu\text{m}$ （赤），バンド 3 が 0.79~0.89 $\mu\text{m}$ （近赤外）である。観測幅は 60km（直下観測）~81km（斜め観測 27°）である。歪補正後の分解能は，P モード 10m\*10m，XS モード 20m\*20m である。ピクセル数，ライン数は変動する。イメージファイルのレコード長は 3 種類（5400Byte，8640Byte，10980Byte）ある。

## 2. 3 ADEOS 衛星 [15,16]

日本の地球観測プラットフォーム技術衛星 ADEOS（アデオス）は，1996 年 8 月 17 日 10 時 53 分に H-II 4 号ロケットにより種子島宇宙センターから打ち上げられ，「みどり」と名付けられた。ADEOS は高度約 800km の太陽同期準回帰軌道で，地球を約 101 分で 1 周し，1 日に 14+(11/41)回地球を周回する（回帰日数 41 日）。ADEOS は，陸域，海域，大気を総合的かつ継続的に観測するため，宇宙開発事業団 NASDA の高性能可視近赤外放射計 AVNIR（Advanced Visible and Near Infrared Radiometer）と海色海温走査放射計 OCTS，米国 NASA の散乱計 NSCAT とオゾン全量分光計 TOMS，フランス CNES の地表反射光観測装置 POLDER，通産省の温室効果気体センサ IMG，環境庁の改良型大気周縁赤外分光計 ILAS と地上・衛星間レーザ長光路吸収測定用リトロリフレクタ RIS，の計 8 種類の観測センサを有する。

本研究では AVNIR を用いる。AVNIR の観測波長帯は，パングロマチック（Pa）モードの場合 0.52~0.72 $\mu\text{m}$ （可視）であり，マルチスペクトル（Mu）モードの場合，バンド 1 が 0.40~0.50 $\mu\text{m}$ （青），バンド 2 が 0.52~0.62 $\mu\text{m}$ （緑），バンド 3 が 0.62~0.72 $\mu\text{m}$ （赤），バンド 4 が 0.82~0.92（近赤外）である。AVNIR はポインティング機能（直下から±40° の範囲で観測地域を選択できる）を有する。観測幅は直下で 80km である。歪補正後の分解能は，Pa モード 8m\*8m，Mu モード 16m\*16m である。ピクセル数（ダミーピクセルを含めて 22300 未満），ライン数（22000 未満）は変動する。

ADEOS は 1996 年 11 月 26 日から定常的に観測データを取得してきたが，1997 年 6 月 30 日に太陽電池パドルの不具合により機能停止した。

## 3. 衛星 CD-ROM データ読み込みプログラムの開発

### 3. 1 プログラム開発の理由

今までに市販されているソフトウェアは，データの一部を切り出して解析するものであった。この方法は河川や火山などのように，場所が特定できる地点（固定点）での観測・解析に便利であった。しかし，今回の重油流出事故のように，その時々における場所が変化したり，広域的に詳細に調べなければならない場合，画像全体を一度に処理し，その後で探し出す方が効率がよい。また，LANDSAT，SPOT，ADEOS 等の種々の衛星にも対応できるソフトウェアが必要である。特に，ピクセル数，ライン数は，LANDSAT の場合固定であるが，SPOT，ADEOS の場合変動することに注意を要する。

そこで本研究では，マウスによる一括変換で，全てのデータを一度 Bitmap（ビットマップ）画像データとし，その後で汎用画像処理ソフトウェア Photoshop（アドビ社）の機能を用いて解析すること

を目的としたソフトウェアの開発を行った。Bitmapを使う理由は、Windowsでの使用が容易であり、かつ、Bitmapフォーマットの性質上、元のデータが正確に反映されるからである。

### 3.2 CEOS-BSQフォーマット

衛星データには種々のフォーマットがあるが、どの衛星にも共通のフォーマットとして CEOS (Committee for Earth Observation Satellite: 地球観測衛星委員会) フォーマットがある。データの格納順序により BSQ (Band Sequential) と BIL (Band Interleaved by Line) があるが、本研究では、種々の衛星を対象にし、画像全体を一度に処理するため、CEOS-BSQフォーマットを用いる。

### 3.3 LANDSAT衛星CD-ROMの場合のCEOS-BSQフォーマット [13]

CEOS-BSQフォーマットのCD-ROMのファイル・レコード並びは、(1)ボリュームディレクトリファイル、(2)バンド 1,2,3,4,5,6,7、(3)サブリメンタルボリュームディレクトリファイル (但し、補正済の場合、サブリメンタル部は無い)、(4)Null ボリュームディレクトリファイル、となっている。(2)の各バンドは、①リーダファイル、②イメージファイル、③トレイラファイルから成る。②のイメージファイルは、ファイルディスクリプタ、イメージライン1、イメージライン2、…、イメージライン5965、で構成され、それぞれレコード長 7020Byte である。各イメージラインの第 33Byte から第 6952Byte までの計 6920Byte が画像データの1ライン分である。

### 3.4 プログラム作成に必要なイメージファイルのデータ位置と式 [13,14,16]

表1 各バンドのイメージファイルのレコード並び

FD	IM1	IM2	IM3	IM4	IM5	.....	IMn
----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-----

FD: ファイルディスクリプタ, IM1~n: イメージライン (FDとIM1~nのレコード長は同じ)

表2 プログラム作成に必要なデータの位置 (イメージファイルのファイルディスクリプタ)

バイト No.	データ型	内容
1-4	Binary	レコード番号=1
9-12	Binary	レコード長
49-64	Character	ファイルID(衛星番号, センサ, バンドなど)
237-244	Character	1バンド当たりのライン数
245-248	Character	1ライン当たりの左縁無効ピクセル数
249-256	Character	1ライン当たりのイメージピクセル数
257-260	Character	1ライン当たりの右縁無効ピクセル数

CEOS-BSQフォーマットのCD-ROMデータを読み込むプログラムを作成するために必要なデータは、イメージファイルのファイルディスクリプタに格納されている(表1, 表2参照)。このうち、最も重要なのはレコード長である。なお、表2で273バイト以降のデータは、各衛星により違った種類のデータが入っていたり、バイト数が違っていたりする。

画像のあるレコード番号は、イメージファイルのファイルディスクリプタレコードを1番目として2~n+1番目(n: イメージデータレコード数=ライン数)である。従って、プログラム作成に必要な式は、Re:レコード長, Rn:レコードナンバー(Rn:1~ライン数), Px:ピクセル数, Nr:右縁無効ピクセル数, Nl:左縁無効ピクセル数、として、画像データ1ライン毎の先頭アドレスが「 $Ad=Re \times Rn + 33 + Nl$ 」、画像データ1ライン分の長さが「 $Da=P_x - N_r - N_l$ 」となる。

### 3.5 C++言語を用いて開発したCD-ROMデータ読み込みプログラムの説明 [4,7,8]

本プログラムはWindows95/98/NT/2000用のもので、言語はC++ (Borland社のC++Builder3)を用いて開発した(約3600行)。本プログラムは、(1)Main部と(2)データ確認フォーム、(3)入力ファイル指定フォーム、(4)保存ファイル指定フォームから成る。(1)はプログラム全体の制御を行う。(2)はCD-ROMに入っているシーンラベルファイルの内容を表示し、処理したいCD-ROMか否かを確認するフォームである。(3)はRed, Green, Blueの各色に対するCD-ROMのファイルを指定するフォームである。(4)は処理後のビットマップ形式データを保存するファイル名を指定するフォームである。

(3)について説明する。画像データを読み込む前に、ディスクリプタから必要なデータ(衛星番号, イメージレコード長, ライン数, ピクセル数等)を読み込み、各データバッファに入れる。これにより、

CD-ROM が LANDSAT か SPOT か ADEOS かを自動認識して処理できる。尚、ピクセル数、ライン数が大きすぎる（それぞれ 10000, 7001 以上：ADEOS の Pa モードの場合にこうなることがある）時は、メッセージを表示し、読み込み範囲の位置を入力するようになっている。

読み込み関数は、TFileStream を呼出してテンポラリファイルを作り、TBitmap を呼出し、PixelFormat を pf24bit（ビットマップ形式）と指定し、ライン数とピクセル数を Height と Width に代入する。次に、R, G, B の各 1 次元配列ファイル毎に、TFileStream を呼出し、ReadBuffer で 1 ライン分のデータを読み込む。更に、R, G, B の各 1 次元配列ファイルから 1Byte ずつを unsigned char 型変数に読み込み、RGB 関数を用いて TColor 型に合成し、それを先に呼出した TBitmap の Canvas に代入していく。全て代入し終わったら、TBitmap をテンポラリファイルに Save する。その後、TMemoryStream を使って、テンポラリファイルを(4)で指定したファイルに保存し直す。

#### 4. ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故の概要 [1,17]

- ①1997 年 1 月 2 日：島根県沖で船体が破断、約 6240kl の重油を流出。船尾部（約 130m）は船内に重油約 9900kl を残存したまま、島根県隠岐島北東約 140km、水深約 2500m の海底に沈没。
- ② 1 月 7 日：船首部（約 50m）は船内に重油約 2800kl を抱えたまま漂流し、福井県三国町安島地区に漂着・座礁。大量の重油が海岸に漂着。
- ③漂着重油の回収作業：1 月 8 日～3 月 31 日一応終了。国県市町村、住民、ボランティア等参加。
- ④船首部の重油回収： 1 月 16 日～2 月 25 日。
- ⑤船首部の撤去： 4 月 20 日。
- ⑥仮設道路：1 月 15 日工事着手、2 月 10 日概成、6 月 7 日撤去開始、11 月 4 日撤去完了。
- ⑦重油流出事故に関する衛星画像取得：RADARSAT, LANDSAT 5 号, SPOT 2 号, ADEOS, JERS-1 等[17]。

次章以降に、開発したプログラムを用いて LANDSAT 衛星[1,3], SPOT 衛星[3,6], ADEOS 衛星[5]の CD-ROM データを読み込み、ビットマップファイルとして汎用画像処理ソフト Photoshop4.0/5.0/5.5 に引渡し、Photoshop の機能を用いて画像処理を行った結果を述べる。

#### 5. LANDSAT 衛星データによるナホトカ号重油流出事故の画像解析 (1997 年 1 月 13 日 9 時 57 分)



図1 1月13日 LANDSAT-TM フルシーン  
(約横 185km\*縦 170km) RGB=342

←能登半島  
←金沢市  
←小松市  
←三国町  
←福井市  
←敦賀市

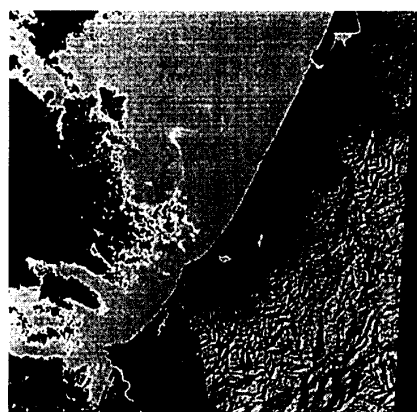


図2 TM バンド 5 (レベル 8 付近を表示)

小松市付近を切り取り (約横 77.1km\*縦 71.6km)

←金沢市  
←重油の帯  
←小松市  
←三国町

図1は、TM の 110-35 フルシーン (ロウソフト=-2, N36.31/E135.66, 約横 185km\*縦 170km, CD-ROM の Data Size=279.9MB) のデータを、Photoshop の画像処理機能を用いてナチュラルカラー表示 (RGB=バンド 342 で G を強調：レベル値 50 でトーン補正) したものである。雲が多い。重油は短波長赤外線であるバンド 5 と 7 でのみ確認でき、バンド 5 の方がよく見えた。

図2はバンド5の画像データから小松市付近を中心にして切り出した画像で、レベル8付近を表示したものである。海上に重油の帯が見える。なお、図2の元のレベル値を調べると、海はレベル2～8の範囲（特に3～6に集中）、重油はレベル6～12の範囲（特に8に集中）、雲はレベル8～241の範囲（60～100位が多い）にある。これらのレベル値の分布の差を利用して重油の帯を検出した。

6. SPOT衛星データによるナホトカ号重油流出事故の画像解析 [6]



図3 1月13日 SPOT-XS フルシーン（約横66.8km\*縦59.8km）  
RGB=321, レベル値50でトーンカーブ補正。

←金沢市→  
重油の帯→  
←小松市→  
←加賀市→  
←三国町→



図4 SPOT-XS バンド3のレベル7だけ表示  
（重油の帯がはっきり見える。）



図5 SPOT-XS バンド3のレベル6  
だけ表示（海水が強調され、  
重油が黒く見える。）

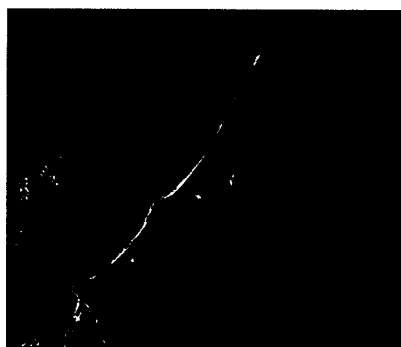


図6 SPOT-XS バンド3のレベル8  
だけ表示（海岸線が見えるのみで、  
海水も重油も見えない。）



図7 SPOT-P  
レベル19と20を強調



図8 1月17日 SPOT-XS フルシーン  
（約横77.5km\*縦59.7km）  
RGB=321, レベル値64でトーンカーブ補正。



図9 バンド1でレベル50  
付近を表示  
三国町から小松市付近を切り取り（約横24.6km\*縦43.5km）

←小松市→  
←重油の帯 →  
←加賀市→  
←重油の広がり→  
←三国町→



図10 バンド3でレベル7  
を強調表示

### 6. 1 SPOT衛星(1997年1月13日10時41分, XSモード)画像解析

図3は324-277(N36.36/E136.40)フルシーン(約横66.8km\*縦59.8km)のフォールスカラー表示(RGB=バンド321, 陸域と水域の区別が容易)である。レコード長=5400Byte, ピクセル=3342, ライン=2989, 入射角=R12.8, CD-ROMのData Size=46.6MB。重油はバンド2のレベル12(海はレベル11)と, バンド3のレベル7(海はレベル6と7)でのみ検出でき, バンド3の方がよく見えた。

図4はバンド3のレベル7だけを表示したものであり, LANDSAT5号(9時57分)の処理画像(図2)と比べて, 解像度が良いため重油の帯がはっきり見える。図5はバンド3のレベル6だけ表示したもので, 海水が強調され, 図4とは逆に重油が黒く見える。図6はバンド3のレベル8だけ表示したもので, 海岸線が見えるのみで, 海水も重油も見えない。このように重油の検出は, レベル値が1違うだけで見えたり見えなかったりすることがあるので, 非常にクリティカルなものである。

### 6. 2 SPOT衛星(1997年1月13日10時41分, Pモード)画像解析

Pモード323-277(N36.36/E136.25)フルシーン(約横67.3km\*縦59.9km, 図3より2割位右へずれている)でも, 重油はレベル19, 20(海はレベル18, 19)で検出できた。レコード長=8640Byte, ピクセル=6734, ライン=5991, 入射角=R13.8, CD-ROMのData Size=49.5MB。Pモードは観測波長帯が広いので, 処理画像(図7)の重油は図4より見にくい。

### 6. 3 SPOT衛星(1997年1月17日11時4分, XSモード)画像解析

図8は324-277(N36.36/E136.55)フルシーン(約横77.5km\*縦59.7km)である。レコード長=5400Byte, ピクセル=3874, ライン=2987, 入射角=L26.1, CD-ROMのData Size=46.5MB。重油はバンド1~3で見え, 特にバンド3でよく見えた。図9, 図10は三国町から小松市付近を切取ったもの(約横24.6km\*縦43.5km)である。図9はバンド1でレベル50付近を表示したものであり, 図10はバンド3でレベル7を強調表示したものである。三国町から加賀市沖にかけての重油の広がりが図9で見え, その外縁が図10では線に見える。小松市沖の重油の帯は図10の方がはっきり見える。

## 7. ADEOS衛星データによるナホトカ号重油流出事故の画像解析 [5]

### 7. 1 ADEOS衛星(1997年1月10日11時21分, Muモード, Paモード)画像解析

図11はMuモード1360-360フルシーン(中心N35.90/E136.09, ピクセル=7099, ライン=5014, ポインティング角度=27.20, CD-ROMのData Size=141.8MB, 約横113.6km\*縦80.2km)のナチュラルカラー表示(RGB=バンド342)である。雲が多い。図12は福井港・石油備蓄基地付近を切取ったもの(約横27.8km\*縦30.5km)であるが, 海上に重油が有るかどうかは分からなかった([18]では重油が有ると記している)。同様に, Paモード1360-360フルシーン(中心N35.90/E136.09, ピクセル=14203, ライン=10031, ポインティング角度=27.20, CD-ROMのData Size=138.9MB, 約横113.6km\*縦80.2km)についても調べたが, 海上に重油が有るかどうかは分からなかった。

### 7. 2 ADEOS衛星(1997年2月24日11時13分, Muモード)画像解析

図13は1345-370フルシーン(N37.05/E134.32, ピクセル=5452, ライン=5018, ポインティング角度=5.58, CD-ROMのData Size=110.3MB, 約横87.2km\*縦80.3km)のトルーカラー表示(RGB=バンド321)であり, 全て海(上側の白い点状のものは雲)である。

図14はバンド1でナホトカ号沈没点付近を切取ったもの(図13で横方向は左から大体5~6割の位置, 縦方向は上から大体2~3割の位置を切り取り, 約横8.8km\*縦6.0km)で, 湧出した重油の帯(縦の白い線)が見える。重油はレベル106~109, 海はレベル98~114であった。

### 7. 3 ADEOS衛星(1997年2月27日11時33分, Muモード)画像解析

1345-370フルシーン(N37.18/E134.42, ピクセル=7861, ライン=5014, ポインティング角度=31.38, CD-ROMのData Size=156.5MB, 約横125.8km\*80.2km)では, 重油はバンド1~4で見え, 特にバンド1でよく見えた。図15はバンド1でナホトカ号沈没点付近を切取ったもの(約横10.0km\*7.9km)で, 湧出した重油の帯(斜めの白い線)が見える。重油はレベル103~105, 海はレベル96~105であった。



図11 1月10日 ADEOS-Mu フルシーン (約横 113.6km\*縦 80.2km) RGB=342, レベル値 50, 61 でトーンカーブ補正。

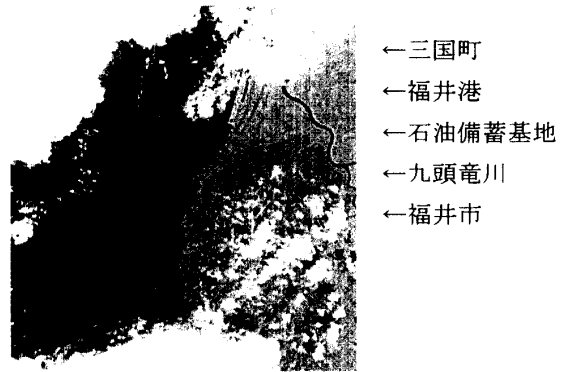


図12 福井港・石油備蓄基地付近を切り取り (約横 27.8km\*縦 30.5km) RGB=342



図13 2月24日 ADEOS-Mu フルシーン (約横 87.2km\*縦 80.3km) 全て海 (上側の白い点状のものは雲) RGB=321, レベル値 128 でトーンカーブ補正。



図14 Mu バンド 1 (レベル 109 付近を表示) ナホトカ号沈没点付近を切り取り (約横 8.8km\*縦 6.0km)



図15 2月27日 Mu バンド 1 (レベル 103, 104, 105 だけ表示) ナホトカ号沈没点付近を切り取り (約横 10.0km\*7.9km)

## 8. むすび

表3 重油の見え方の評価 (◎よく見える, ○見える, △見えにくい, ×見えない)

センサ	バンド	波長 (μm)	分解能 (m)	評価
TM (LANDSAT)	band 1 (可視域: 青緑)	0.45-0.52	30	×
	band 2 (可視域: 緑)	0.52-0.60	30	×
	band 3 (可視域: 赤)	0.63-0.69	30	×
	band 4 (近赤外域)	0.76-0.90	30	×
	band 5 (短波長赤外域)	1.55-1.75	30	○
	band 7 (短波長赤外域)	2.08-2.35	30	△
	band 6 (熱赤外域)	10.40-12.5	120	×
HRV (SPOT)	P (可視域)	0.51-0.73	10	△
	XS band 1 (可視域: 緑)	0.50-0.59	20	△
	XS band 2 (可視域: 赤)	0.61-0.68	20	○
	XS band 3 (近赤外域)	0.79-0.89	20	◎
AVNIR (ADEOS)	Pa (可視域)	0.52-0.72	8	×
	Mu band 1 (可視域: 青)	0.40-0.50	16	◎
	Mu band 2 (可視域: 緑)	0.52-0.62	16	○
	Mu band 3 (可視域: 赤)	0.62-0.72	16	○
	Mu band 4 (近赤外域)	0.82-0.92	16	△

本研究では、ソフトウェアの開発と衛星データの画像解析を行った。開発したプログラムの特徴は、CD-ROMがLANDSATかSPOTかADEOSかを自動認識して処理できることである。又、CEOSフォーマットに対して汎用性があるので、他の衛星(JERS-1等)についても容易に拡張できる。

ロシアタンカー「ナホトカ号」重油事故の画像解析では、LANDSAT、SPOT、ADEOSとも重油を検出で

きた。今回使用した衛星データに関して、重油の見え方の評価を表3に示す。次のことが言える。

- (1) 1月13日のLANDSAT-TMは、分解能が低く、雲の量も多いため、重油の帯は見えにくい。
- (2) 1月13日のSPOT-HRV (XS)は、LANDSATよりも分解能がよいため、重油の帯ははっきり見える。
- (3) 1月17日のSPOT-HRV (XS)のバンド1とバンド3の比較より、バンド3では帯としての重油ははっきり見えるが、バンド1では帯としての重油は見えにくい。
- (4) 2月24日、27日のADEOS-AVNIR (Mu)では、重油のレベル値が他の衛星よりもずっと高く、さらにデータも大きいいため、重油を捜し出すのが難しい。
- (5) 全体的に、重油と海のレベル値が重なっており、重油と水との区別が難しい。
- (6) 重油汚染に対して有効な波長は青と熱赤外であると言われている[19]。今回の結果でも、表3に示すようにLANDSAT: band5 (短波長赤外)、SPOT: band3 (近赤外)、ADEOS: band1 (青)で比較的良好に重油が見えており、この傾向を満足している。

**謝辞** 本研究で使用した衛星データは宇宙開発事業団からの研究目的配布によるものであることを記し、謝意を表す。研究名称：ロシアタンカー重油流出事故の福井県地方における影響調査。衛星データ所有：米国政府/CNES/宇宙開発事業団。衛星データ提供：EOSAT/SPOT IMAGE/宇宙開発事業団。

#### 参考文献

- [1] 加藤芳信, 中原茂幸: “ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故に関するLANDSAT衛星データ画像処理の試み”, 福井工業大学研究紀要, 第29号, pp.83-90 (1999-03)
- [2] 中原茂幸, 加藤芳信: “C++言語によるLANDSAT衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムの開発”, 電気関係学会北陸支部学生会主催平成10年度北陸地区学生による研究発表会講演論文集, B-12 (1999-03)
- [3] 加藤芳信, 中原茂幸: “LANDSATおよびSPOT衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムの開発とその応用”, 情報処理学会第59回(平成11年後期)全国大会講演論文集(2), 3L-5, pp.227-228 (1999-09)
- [4] 加藤芳信, 中原茂幸: “LANDSAT・SPOT・ADEOS衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムの開発”, 平成11年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-13 (1999-10)
- [5] 加藤芳信, 中原茂幸: “ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故に関するADEOS衛星データ画像解析”, 平成11年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-14 (1999-10)
- [6] 加藤芳信, 中原茂幸: “ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故に関するSPOT衛星データ画像解析”, 平成11年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-15 (1999-10)
- [7] 中原茂幸: “衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムの開発とその応用”, 福井工業大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻平成11年度修士論文 (2000-02)
- [8] 中原茂幸, 加藤芳信: “衛星CD-ROMデータ読み込みプログラムのロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故の画像解析への応用”, 電気関係学会北陸支部学生会主催平成11年度北陸地区学生による研究発表会講演論文集, B-18 (2000-03)
- [9] 日本リモートセンシング研究会: “リモートセンシングハンドブック”, 宇宙開発事業団 (1997-03)
- [10] 同: “わかりやすいリモートセンシングと地理情報システム”, 宇宙開発事業団 (1996-03)
- [11] 宇宙開発事業団 地球観測センター: “地球観測データ利用ハンドブック—ランドサット編・改訂版—”, (財)リモート・センシング技術センター (1990-10)
- [12] 同: “地球観測データ利用ハンドブック—SPOT編—”, (財)リモート・センシング技術センター (1989-03)
- [13] 財団法人 リモート・センシング技術センター: “LANDSAT TMデータフォーマット説明書” (1996-11)
- [14] 同: “SPOT HRVデータフォーマット説明書” (1996-11)
- [15] Earth Observation Research Center, NASDA: “ADEOS Reference Handbook (PDF Files)” (1998-02)
- [16] 同: “AVNIR Products Specifications (<http://www.eorc.nasda.go.jp/ADEOS/Products/Specifications/AVNIR/index.html>) ”
- [17] 向井, 増田, 灘井, 久木, 佐藤, 岡本, 島田, 早川, 斉藤, 沼田, 高槻, 照井, 稲垣: “日本海重油汚染に関するリモートセンシングデータ取得状況 (1997年1月始め~1997年2月末)”, 日本リモートセンシング学会誌, vol.17, no.1, pp.70-82 (1997-03)
- [18] リモート・センシング技術センターWWWサーバー: “ナホトカ号重油流出海域の人工衛星からの観測画像について ([http://www.restec.or.jp/jpn/news/topics/1997/topics\\_nh/nh.html](http://www.restec.or.jp/jpn/news/topics/1997/topics_nh/nh.html)) ”, 人工衛星から観測された画像のうち、油が確認された物をリストし、画像を公開している。
- [19] 落合弘明: “海域の大規模油汚染”, 日本リモートセンシング学会誌, vol.9, no.4, pp.167-174 (1989-12)

(平成12年12月6日受理)